

Le soufre et la qualité de la production cotonnière

J. Bourély, M. Braud

CIRAD - IRCT, BP 5035, 34032 MONTPELLIER CEDEX 1, FRANCE.

Résumé

Au cours des décennies 1960 et 1970, l'IRCT a montré l'importance quantitative du soufre en tant qu'élément fertilisant dans la conduite de la culture cotonnière.

Cette étude présente les premiers travaux portant spécifique-

ment sur le rôle du soufre dans la qualité de la production cotonnière. Le rendement à l'égrenage et la teneur en huile des graines sont réduits par la déficience en soufre. Parmi les acides aminés, seule l'arginine a un taux augmenté par cette déficience ; mais il semble qu'une étude plus précise sur ce thème mériterait d'être entreprise.

MOTS CLES : coton, soufre, production, rendement égrenage, teneurs en huile, protéines, acides aminés.

Introduction

Depuis l'époque à laquelle l'IRCT a mis en évidence la présence de déficiences en soufre sur le cotonnier (1956 et suivantes), de nombreux travaux ont pu préciser le rôle de cet élément dans la production cotonnière sur le plan quantitatif. L'équilibre à respecter en azote et soufre a particulièrement été étudié et des formules d'engrais coton- sont actuellement largement utilisées en Afrique tropicale francophone (BRAUD, 1966). Le rôle du soufre dans la nutrition minérale, en interaction avec les autres éléments, a également été précisé par la proposition de fonctions de production qui prennent en compte cet éle-

ment pour l'évaluation des conditions de nutrition minérale (BRAUD et JOLY, 1980).

Mais, au moment où l'IRCT développe particulièrement le programme de recherche concernant l'utilisation de la graine de cotonnier comme plante alimentaire, il nous est apparu intéressant d'étudier et de préciser le rôle du soufre dans la qualité de la production cotonnière. Ce programme a été réalisé en 1984 sur le plan agronomique et poursuivi en 1985 et 1986 sur le plan analytique.

Dispositif expérimental

Le programme réalisé est réparti entre le Bénin, le Burkina Faso, le Tchad et le Togo, ce qui offre l'avantage d'une variabilité écologique importante.

Les dispositifs expérimentaux sont très variables, depuis le simple test (avec et sans soufre), en passant par des essais soustractifs ou des essais spécialement mis en place. Néanmoins, ils ont en commun le fait de permettre la comparaison d'une formule d'engrais plus ou moins complète avec ou sans soufre. Ces dispositifs sont les suivants.

Bénin

Deux essais soustractifs ont été mis en place à Savalou,

l'un en 1967 (sole I/1), l'autre en 1970 (sole II/2) avec jachère.

Burkina Faso

L'essai spécifique à Farako-Ba comportait les objets :

- A) témoin sans engrais ;
- B) NSPKB, avec S : 12 kg/ha ;
- C) NSPKB, avec S : 32 kg/ha (référence) ;
- D) NPKB, sans S (-S) ;
- E) N seul.

La fumure de base était composée de :

- N : 30 kg/ha, sauf pour E (N : 46 kg/ha) ;
- P_2O_5 : 46 kg/ha ;
- K_2O : 30 kg/ha ;
- B_2O_3 : 2 kg/ha.

Tchad

Deux tests ont été réalisés, l'un à Bébedjia et l'autre à Békamba. Station de Bébedjia, essai courbe d'action S :

- A) témoin ;
- B) NPKB (N : 28,5 kg/ha) ;
- C) NPKB + 10,6 kg/ha de S (P_2O_5 : 18 kg/ha) ;
- D) NPKB + 21,2 kg/ha de S (K_2O : 28,5 kg/ha) ;
- E) NPKB + 31,8 kg/ha de S.

Ferme COTONTCHAD de Békamba, test :

- NPKB, sans soufre ;
- NPKB, avec 10,6 kg/ha de S.

Togo

A Elavagnon des essais soustractifs ont été mis en place et à Kadjalla le test comportait une fumure NPKB avec et sans soufre.

Résultats**Résultats agronomiques**

Les résultats sont exprimés en kg/ha de coton-graine et en pourcentage par rapport au rendement obtenu avec la fumure complète.

Bénin

Essai 1967, sole I/1 :	Rendement coton-graine :	
	kg/ha	%
Témoin absolu	820	44
Fumure complète NPKSB	1.858	100
Objets (-S)	1.284	69

Essai 1970, sole II/2 :	Rendement coton-graine :	
	kg/ha	%
Témoin absolu	1.319	66
Fumure complète NPKSB	2.003	100
Objets (-S)	1.833	92

On note l'effet de la jachère sur l'importance de la déficience en soufre.

Burkina Faso

	Rendement coton-graine :	
	kg/ha	%
Témoin absolu	660	37
NPKB + S (12kg/ha)	1.792	102
NPKB + S (32kg/ha)	1.762	100
NPKB (-S)	1.337	76
N seul	1.300	74

La déficience en soufre est nette.

Tchad

Bébedjia :	Rendement coton-graine :	
	kg/ha	%
Témoin absolu	3.078	120
NPKB	2.750	107
NPKB + S (10,6 kg/ha)	2.614	102
NPKB + S (21,2 kg/ha)	2.440	95
NPKB + S (31,8 kg/ha)	2.560	100

Aucune déficience en soufre n'est constatée. On note les très bons rendements du témoin absolu, indice d'un très bon sol.

Békamba :	Rendement coton-graine :	
	kg/ha	%
NPKB (S)	1.813	93
NPKB + S (10,6 kg/ha)	1.953	100

La situation est la même qu'à Bébedjia.

Togo

Elavagnon :	Rendement coton-graine :	
	kg/ha	%
Témoin absolu	1.534	62
Fumure complète	2.493	100
Objet (-S)	2.235	90

Kadjalla :	Rendement coton-graine :	
	kg/ha	%
NPKB (-S)	1.689	92
NPKBS	1.836	100

Les résultats sont voisins de ceux d'Elavagnon.

Ces résultats montrent que nous sommes en présence :
 — d'une forte déficience au Bénin, essai 1967 ;
 — de déficiences très nettes au Bénin, essai 1970, et au Burkina Faso ;
 — de présomption de déficience à Elavagnon (Togo) ;
 Ce cadre expérimental se prête bien à l'objectif visé.

Observations biologiques sur la culture

Une déficience en soufre entraîne un ralentissement de la croissance des cotonniers. Au moment de la récolte, les hauteurs moyennes des plantes sont inférieures à celles obtenues avec une fumure complète.

Burkina Faso	Hauteur à la récolte :	
	cm	%
Fumure complète	117	100
Fumure (-S)	79	67,5

Bénin	Hauteur à la récolte :			
	1967		1970	
	cm	%	cm	%
Fumure complète	103	100	99	100
Fumure (-S)	82	79,6	90	90,9

Elle provoque aussi un ralentissement de la floraison, comme le montre le niveau moyen de floraison au moment des prélèvements foliaires pour un diagnostic de nutrition minérale (tabl. I).

TABLEAU 1

Effet de la déficience en soufre sur le niveau moyen de floraison au moment des prélèvements foliaires.
Effect of sulphur deficiency on the mean level of flowering when leaf sampling is carried out.

	Burkina Faso	Togo Elavagnon	Togo Kadjalla	Benin		Tchad Bebedjia
				1967	1970	
Fumure complète	4.45	5.0	3.5	6.1	7.5	5.7
Fumure (-S)	3.95	4.5	2.7	5.9	6.9	5.8

Ces observations ne sont pas sans conséquences sur le calage du cycle du cotonnier dans le cadre d'un calendrier agricole soumis aux aléas de la pluviosité, particulièrement de la durée de la saison des pluies.

Effets de la déficience en soufre sur la qualité de la production

Les résultats technologiques sur la qualité de la production concernent deux caractéristiques :

1 — le rendement à l'égrenage, lors de la première transformation industrielle ;

2 — la qualité de la production et particulièrement des graines.

L'effet d'une déficience en soufre se révèle très importante sur la 1^{re} caractéristique technologique comme le montre le tableau 2.

TABLEAU 2

Effet de la déficience en soufre sur le rendement à l'égrenage.
Effect of sulphur deficiency on the ginning yield.

Situation	Importance relative de la déficience en S %	Variation du rendement égrenage [fumure (-S) /fumure complète]
Bénin (essai 67)	69	- 1.79
Burkina Faso	76	- 1.60
Bénin (essai 70)	92	- 0.93
Togo, Kadjalla	92	0
Tchad, Bebedjia	107	+ 0.30

Le coefficient de corrélation est de : + 0.930 (significatif à P = 0.02).

$$Y = -5.869 + 0.058 X$$

Y = baisse de rendement égrenage.

X = importance relative de la déficience en soufre.

La relation entre les teneurs en huile et l'importance relative de la déficience en soufre, comme le montre le tableau 3 est à la limite de la signification (à P = 0.05), tandis que la relation entre l'importance de cette déficience et la teneur en protéines n'est pas significative.

TABLEAU 3

Effet de la déficience en soufre sur les teneurs en huile et protéines.
Effect of sulphur deficiency on the oil and protein content.

Situation	Importance relative de la déficience en S %	Variation des teneurs [fumure (-S) /fumure complète]	
		Huile	Protéines
Bénin (essai 67)	69	- 1.98	+ 3.66
Burkina Faso	76	- 0.29	+ 1.97
Bénin (essai 70)	92	- 0.57	+ 2.50
Togo, Kadjalla	92	+ 0.36	- 0.08
Tchad, Bebedjia	107	+ 0.64	+ 1.94
Coefficient de corrélation		+ 0.872 significatif à P = 0.05	- 0.477 non significatif

$$Y = -5.333 + 0.006 X$$

Y = baisse de la teneur en huile

X = importance relative de la déficience en soufre.

L'objectif principal de cette étude portait sur la relation possible entre l'importance de la déficience en soufre et les teneurs en acides aminés, particulièrement ceux qui possèdent des liaisons soufre.

Le tableau 4 montre que cette relation est peu significative en dehors de l'arginine dont la teneur est accrue en présence d'une déficience en soufre. On note une tendance vers une baisse des teneurs en méthionine et lysine lorsque le soufre est déficient. Par contre, cette déficience semble sans effet sur les teneurs en acide glutamique et cystine.

TABLEAU 4

Effet de la déficience en soufre sur les teneurs en quelques acides aminés, en pourcentage d'acides aminés totaux.
Effect of sulphur deficiency on the content of some amino acids, as a percentage of total amino acids.

Situations	Importance relative de la déficience en S ‰	Acide glutamique	Cystine	Méthionine	Lysine	Arginine
Bénin (essai 67)	69	+ 0,52	- 0,18	- 0,39	- 0,14	+ 1,96
Burkina Faso	76	- 0,23	- 0,22	- 0,11	- 0,15	+ 2,75
Bénin (essai 70)	92	+ 0,79	- 0,47	- 0,24	- 0,27	+ 0,72
Togo Kadjalla	92	+ 0,30	+ 0,23	- 0,19	- 0,12	+ 0,10
Tchad Bébedjia	107	- 0,22	+ 0,11	+ 0,06	+ 0,07	- 0,03
Coefficients de corrélation		- 0,222	+ 0,406	+ 0,751	+ 0,511	- 0,870

Conclusions

Les effets quantitatifs de la déficience en soufre sur la production cotonnière obtenus par l'IRCT ont débouché sur la nécessité de maintenir dans les formules «d'engrais coton» un rapport azote/soufre voisin de 3.

A l'occasion de cette importante expérimentation qui s'est développée principalement pendant les décennies 1960 et 1970, nous avons pu accumuler quelques informations concernant les effets de la déficience en soufre sur la qualité de la production, sans pour autant qu'elles fassent l'objet d'une étude précise.

Cette étude réalisée avec de modestes moyens a néanmoins donné des résultats significatifs. Il s'en dégage le fait que la déficience en soufre a une influence sur certaines caractéristiques de la production qui peuvent se résumer ainsi :

- elle réduit de façon importante le rendement à l'égre-nage (pourcentage de fibre par rapport au coton-graine, produit agricole récolté par le paysan) ;
- elle réduit la teneur en huile des graines ;
- elle n'agit de façon significative sur les teneurs en acides aminés des graines qu'en augmentant le taux d'arginine.

A une époque où la filière coton éprouve de grosses difficultés sur le plan économique, ces résultats ne sont pas sans conséquences pratiques au moins à deux niveaux.

Le premier concerne la pratique agricole de la culture. En vue d'une politique économique visant à une économie d'intrants, on pourrait être tenté de remplacer les formules «d'engrais-coton» qui contiennent une certaine quantité de soufre par des formules plus standards, donc moins chères en regard des apports NP et K. Ces résultats confirment que ce serait une erreur grossière tant sur le plan quantitatif que qualitatif de la production.

Le second intéresse la qualité de la production. La correction de la déficience en soufre valorise la production par une amélioration nette du rendement à l'égre-nage et de la teneur en huile des graines, ce qui doit se traduire par une amélioration sensible de la productivité.

Enfin, ces premiers résultats semblent montrer que la poursuite de cette étude mériterait d'être envisagée avec un dispositif expérimental mieux approprié.

Remerciements

Les auteurs remercient les agronomes du Réseau Coton pour leur participation à ce programme :

Christian GABOREL (au Bénin), Michel BERGER

(au Burkina Faso), Betembaye DJOULET (au Tchad), Mensan DOSSOU et Joseph MARTIN (au Togo).

Sans eux, ces résultats n'auraient pu être présentés.

Références bibliographiques

- BRAUD M., 1966. — La fertilisation minérale du cotonnier en Afrique Tropicale et à Madagascar. *Journées d'Agronomie, IRCT*, 33 p.
- BRAUD M., JOLY A., 1980. — Contribution à l'étude de la détermination des déficiences minérales du cotonnier par analyses foliaires. *5^e Colloque International sur le contrôle de l'Alimentation des Plantes cultivées, Castel-Franco*, 28 p.
- BROWN J.R., THOM W.O., WALL L.L. Sr., 1981. — Effects of sulfur application on yield and composition of soybeans and soil sulfur. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 12, 3, 247-261.
- BYERS M., BOLTON J., 1979. — Effects of nitrogen and sulfur fertilisers on the yield, N and S content, and amino acid composition of the grain of spring wheat. *Journal of Science and Food Agriculture*, 3, 251-263.
- HANSON R.G., MALEDY S.R., ROTH J.A., BARTON M.J., 1980. — Sulfur response on some Missouri soils. *Agronomy Abstracts, 72nd annual meeting, American Society of Agriculture*, 168 p.
- QUINGLEY E.H., JUNG G.A., 1984. — Alfalfa and corn response to sulfur fertilization on three Pennsylvania soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15, 3, 213-226.
- RASMUSSEN P.E., RAMIG R.E., ALLMARAS R.R., SMITH C.M., 1975. — Nitrogen sulfur relations in soft white winter wheat. II. Initial and residual effects of sulfur application on nutrient concentration, uptake, and N/S ratio. *Agronomy journal*, 67, 2, 224-228.
- REHM G.W., MOOWAN R.S., 1980. — Influence of fertilizer nitrogen and sulfur on production of malting barley. *Research Bulletin, Nebraska Agricultural Experiment Station*, 292, 19 p.
- SHARMA G.C., BRADFORD R.R., 1973. — Effect of sulfur on yield and amino acids of soy beans. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2, 77-82.

Sulphur and the quality of cotton production

J. Bourély and M. Braud

Summary

In the 1960s and 1970s, IRCT demonstrated the quantitative importance of sulphur as a fertilizing element in cotton growing.

This study presents the first work specifically concerning the role of sulphur in the quality of cotton production. Ginning yield

and cotton seed oil content are reduced by sulphur deficiency. Arginine is the only amino acid whose content is increased by sulphur deficiency, but it would appear that a more detailed investigation of this point should be undertaken.

KEY WORDS: cotton, sulphur, production, ginning yield, oil contents, proteins, amino acids.

Introduction

Since the period when IRCT revealed sulphur deficiencies in the cotton plant (from 1956 onwards), numerous works have specified the role of this element in the quantitative aspect of cotton production. The nitrogen and sulphur balance to be respected has been studied in particular and formulas for "cotton fertilizers" are widely used today in francophone tropical Africa (BRAUD, 1966).

The role of sulphur in mineral nutrition, in interaction with the other elements, has also been described by proposing production functions that take it into account for the evaluation of the conditions of mineral nutrition (BRAUD and JOLY, 1980).

However, at a time when IRCT is developing in par-

ticular a research programme concerning the use of cotton seed as a foodstuff, it seemed interesting to investigate and describe the role played by sulphur in the quality of cotton

production. The agronomic part of this programme was carried out in 1984 and the analytical part in 1985 and 1986.

Materials and methods

The programme was divided between Benin, Burkina Faso, Chad and Togo, providing considerable ecological variability. Experimental set-ups differed considerably and ranged from a simple trial (with and without sulphur application) to subtractive trials or trials set up specially. However, a common feature was that of enabling comparison of a more or less complete fertilizer formula with and without sulphur. The treatments were as follows.

Benin

Two subtractive trials were set up at Savalou, one in 1967 (field I/1) and the other in 1970 (field II/2) with fallow.

Burkina Faso

The specific trial set up at Farako-Ba included the following treatments:

- A) control without fertilizer;
- B) NSPKB with S: 12 kg/ha;
- C) NSPKB with S: 32 kg/ha (reference);
- D) NPKB, without S (-S);
- E) N only.

The basic dressing consisted of:

- N: 30 kg/ha, except for E (N: 46 kg/ha);
- P_2O_5 : 46 kg/ha;
- K_2O : 30 kg/ha;
- B_2O_3 : 2 kg/ha.

Chad

Two tests were carried out, one at Bébedjia and the other at Bekamba.

Bébedjia station, trial on the curve of action of S:

- A) control;
- B) NPKB (N: 28.5 kg/ha);
- C) NPKB + 10.6 kg/ha of S (P_2O_5 : 18 kg/ha);
- D) NPKB + 21.2 kg/ha of S (K_2O : 28.5 kg/ha);
- E) NPKB + 31.8 kg/ha of S.

Trial at Bekamba farm (COTONTCHAD):

- NPKB, without sulphur;
- NPKB, with 10.6 kg/ha of S.

Togo

At Elavagnon subtractive trials were set up and at Kadjalla, the test included NPKB fertilizer with and without sulphur.

Results

Agronomic results

Results are expressed in kg/ha of seed cotton and as a percentage in relation to the yield obtained with complete multinutrient fertilizer.

Benin

1967 trial, field I/1:	Seed cotton yield:	
	kg/ha	%
Absolute control	820	44
Complete NPKSB fertilizer	1,858	100
Treatments (-S)	1,284	69

1970 trial, field II/2:	Seed cotton yield:	
	kg/ha	%
Absolute control	1,319	66
Complete NPKSB fertilizer	2,003	100
Treatments (-S)	1,833	92

The effect of fallow on the extent of sulphur deficiency can be seen.

Burkina Faso

	Seed cotton yield:	
	kg/ha	%
Absolute control	660	37
NPKB + S (12 kg/ha)	1,792	102
NPKB + S (32 kg/ha)	1,762	100
NPKB (-S)	1,337	76
N only	1,300	74

Sulphur deficiency is clear.

Chad

Bébedjia:	Seed cotton yield:	
	kg/ha	%
Absolute control	3,078	120
NPKB	2,750	107
NPKB + S (10.6 kg/ha)	2,614	102
NPKB + S (21.2 kg/ha)	2,440	95
NPKB + S (31.8 kg/ha)	2,560	100

No sulphur deficiency was observed. Note the very good yield of the absolute control, revealing excellent soil.

Békamba:	Seed cotton yield:	
	kg/ha	%
NPKB (S)	1.813	93
NPKB + S (10.6 kg/ha)	1.953	100

The situation was the same as at Bebedjia.

Togo

Elavagnon:	Seed cotton yield:	
	kg/ha	%
Absolute control	1.534	62
Complete fertilizer	2.493	100
Treatment (-S)	2.235	90
Kadjalla:	Seed cotton yield:	
	kg/ha	%
NPKB (-S)	1.689	92
NPKBS	1.836	100

The results are similar to those found at Elavagnon.

These data show:

- serious deficiency in the 1967 trial in Benin;
- very distinct deficiencies in the 1970 trial in Benin and in Burkina Faso;
- probable deficiency at Elavagnon (Togo);

The experimental framework was well-suited to the objectives.

Biological observations concerning cultivation

Sulphur deficiency causes a slowing in cotton plant growth. Average plant heights at harvest are smaller than those of plants to which complete multinutrient fertilizer has been applied.

Burkina Faso	Height at harvest:		
	cm	%	
	Complete multinutrient fertilizer	117	100
	Fertilizer (-S)	79	67.5

Benin

treatment	Height at harvest:			
	1967		1970	
	cm	%	cm	%
Complete multinutrient fertilizer	103	100	99	100
Fertilizer (-S)	82	79.6	90	90.9

It also causes slowing of flowering, as can be seen from the average flowering level at leaf sampling for mineral nutrition diagnosis (Table 1).

These observations have an effect on the setting of the cotton cycle in a cultivation calendar subjected to uncertainty with regard to rainfall, particularly concerning the length of the rainy season.

Effects of sulphur deficiency on production quality

Technological results on production quality concern two characteristics:

- 1) Ginning yield during initial industrial processing;
- 2) Quality of production and in particular of seeds.

Sulphur deficiency was found to have a considerable effect on point 1, as is shown by Table 2.

Correlation coefficient: + 0.930 (significant to $P = 0.02$).

$$Y = -5.869 + 0.058X$$

Y = fall in ginning yield

X = relative importance of sulphur deficiency

The relation between oil contents and the relative importance of sulphur deficiency - shown in Table 3 - is at the limit of significance (at $P = 0.05$) whereas the relation between the importance of this deficiency and protein content is not significant.

$$Y = -5.333 + 0.006 X$$

Y = fall in oil content

X = relative importance of sulphur deficiency

The main aim of the investigation concerned the possible connection between sulphur deficiency and amino acid contents, particularly as regards those which possess sulphur bonds.

Table 4 shows that this connection is not very significant except for arginine, whose level increased under conditions of sulphur deficiency. A tendency for methionine and lysine contents to fall was noted with sulphur deficiency. In contrast, this deficiency did not appear to have any effect on glutamic acid and cystine contents.

Conclusions

The quantitative effects observed by IRCT of sulphur deficiency on cotton production led to the need to keep to a nitrogen/sulphur ratio of approximately 3 in "cotton fertilizer" formulas.

During this important experimental work carried out mainly during the 1960s and 1970s, we were able to collect certain data on the effects of sulphur deficiency on production quality without this having been the subject of a

precise study. This work was carried out with modest means but nevertheless gave significant results. It shows that sulphur deficiency affects certain characteristics of production; this can be summarized as follows:

- it considerably reduces ginning yield (percentage of fibre in relation to seed cotton, the agricultural product harvested by farmers);
- it reduces cotton seed oil content;
- the only significant effect on seed amino acid contents is an increase in arginine.

At a time when the cotton sector is experiencing considerable economic difficulties, these results have practical consequences at two levels.

The first concerns cultivation practices for cotton.

With a view to an economic policy aiming at reducing inputs it might be tempting to replace "cotton fertilizer" formulas which contain a certain amount of sulphur by more standard formulas, which are thus less expensive with regard to NP and K contents. The results described here show that this would be a serious mistake with regard to both the quantity and quality of production.

The second point concerns production quality. Correcting sulphur deficiency improves production by causing a distinct improvement in ginning yield and cotton seed oil content, which should result in a clear increase in productivity. Finally, these first results show that it would be worthwhile to continue the investigation using a more appropriate experimental set-up.

Acknowledgements

The authors thank the following cotton network agronomists for their participation in the research programme: Christian GABOREL (Benin), Michel BERGER (Burki-

na Faso), Betemibaye DJOULET (Chad) and Mensan DOSSOU and Joseph MARTIN (Togo), without whom it would not have been possible to present these results.

El azufre y la calidad de la producción algodónera

J. Bourély, M. Braud

Resumen

En los años 60 y 70, el IRCT ha mostrado la importancia cuantitativa del azufre como elemento fertilizante en el cultivo del algodón.

En este estudio, el IRCT expone sus primeros trabajos sobre

el papel que desempeña el azufre en la calidad de la producción algodónera. La carencia de azufre provoca una baja del rendimiento después de la despepitación y del contenido en aceite. La arginina es el único aminoácido cuya tasa aumenta por causa de esta carencia. Conviendría profundizar este estudio.

PALABRAS CLAVE : algodón, azufre, producción, rendimiento después de la despepitación, contenido en aceite, proteínas, aminoácidos.